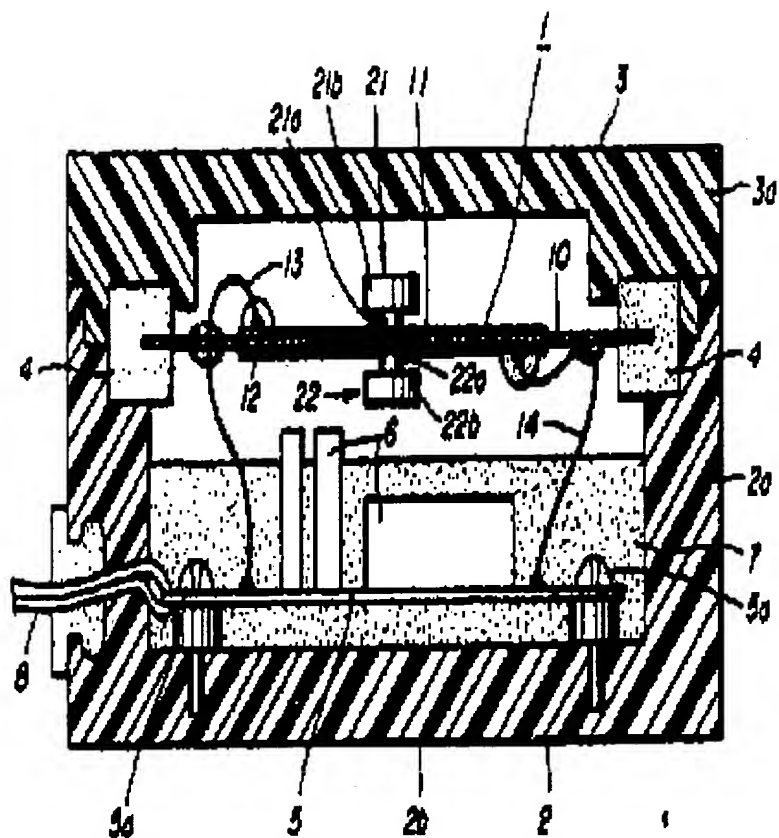


AN: PAT 1990-092481  
TI: Piezoelectric sensor monitoring kinetic motion has  
piezoelectric elements on flexible plate in sealed chamber esp.  
for motor vehicle and trailer  
PN: **DE3930314-A**  
PD: 22.03.1990  
AB: A sensor housing contains a sealed inner chamber. A  
piezoelectric sensor arrangement consists of a flexible plate  
section (10) with at least one flat surface carrying a  
piezoelectric element (11,12). A wt. (21,22) attached to the  
sensor moves with it so that its vibration energy is  
transmitted round the central axis of the sensor arrangement (1)  
. A sensor bearing (4) is mounted on the inside of a peripheral  
wall of the housing and engages the entire peripheral edge of  
the sensor arrangement so that the sensor arrangement can  
vibrate inside the sealed chamber of the housing.; Monitoring  
kinetic motion parameter of moving part, esp. for use as an  
acceleration sensor in vehicle control system. Sensor  
arrangement enables accurate measurement of effective kinetic  
energy without disadvantages of conventional arrangements, e.g.  
need to minimise wt. attached to sensor.  
PA: (KANT-) KANTO SEIKI CO LTD; (NSMO ) NISSAN MOTOR CO LTD;  
IN: GOTO M; KOBAYASHI H;  
FA: **DE3930314-A** 22.03.1990; **DE3930314-C2** 01.04.1993;  
US5118981-A 02.06.1992;  
CO: DE; US;  
IC: G01D-005/12; G01H-011/08; H01L-041/08;  
MC: S02-E02; S02-G03; S02-K03; V06-L01A2; X22-J03; X22-J07;  
DC: S02; V06; X22;  
FN: 1990092481.gif  
PR: JP0224807 09.09.1988;  
FP: 22.03.1990  
UP: 01.04.1993

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①1 DE 3930314 A1

⑤1 Int. Cl. 5:  
**G01D 5/12**  
G 01 H 11/08  
// G01P 15/09

②1 Aktenzeichen: P 39 30 314.4  
②2 Anmeldetag: 11. 9. 89  
④3 Offenlegungstag: 22. 3. 90

DE 3930314 A1

③0 Unionspriorität: ③2 ③3 ③1  
09.09.88 JP P 63-224807

⑦1 Anmelder:  
Nissan Motor Co., Ltd., Yokohama, Kanagawa, JP;  
Kanto Seiki Co. Ltd., Omiya, Saitama, JP

⑦4 Vertreter:  
Grünecker, A., Dipl.-Ing.; Kinkeldey, H., Dipl.-Ing.  
Dr.-Ing.; Stockmair, W., Dipl.-Ing. Dr.-Ing. Ae.E. Cal  
Tech; Schumann, K., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat.; Jakob,  
P., Dipl.-Ing.; Bezold, G., Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.;  
Meister, W., Dipl.-Ing.; Hilgers, H., Dipl.-Ing.;  
Meyer-Plath, H., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Ehnold, A.,  
Dipl.-Ing.; Schuster, T., Dipl.-Phys.; Goldbach, K.,  
Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Aufenanger, M., Dipl.-Ing.,  
Pat.-Anwälte, 8000 München

⑦2 Erfinder:  
Kobayashi, Hiroshi, Yokohama, Kanagawa, JP;  
Goto, Masaru, Urawa, Saitama, JP

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Piezoelektrischer Sensor zur Überwachung einer kinetischen Bewegungsgröße

Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Sensor zur Überwachung einer kinetischen Bewegungsgröße, insbesondere zur Verwendung in Kraftfahrzeug-Aufhängungssystemen zur Schwingungsmessung.  
Erfindungsgemäß ist eine scheibenförmige, temperaturkompensierte Sensoranordnung in einem abgedichteten Innenraum eines Sensorgehäuses vorgesehen. In der Mitte der Sensoranordnung sind Gewichtsmassen angeordnet, um die Empfindlichkeit der Sensoranordnung zu erhöhen. Die Erfindung ist für die Messung von Schwingungen, insbesondere von Karosserieschwingungen, bei einem Kraftfahrzeug anwendbar.

DE 3930314 A1

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein einen piezoelektrischen Sensor zur Überwachung einer kinetischen Bewegungsgröße bzw. eines kinetischen Impulses von beweglichen mechanischen Konstruktionen. Insbesondere betrifft die Erfindung einen piezoelektrischen Impulssensor, geeignet zur Verwendung als Beschleunigungsmesser, derart, wie er für ein Kraftfahrzeug-Steuersystem angewandt wird. Die Erfindung betrifft ferner insbesondere einen piezoelektrischen Sensor, der spezielle zur Überwachung einer relativen Verlagerung zwischen einer Fahrzeugkarosserie und einer Radachse in einem Kraftfahrzeug-Aufhängungssystem angepaßt ist.

Die US-PS 46 96 489, veröffentlicht 27. 9. 1987 (T. Fujishiro et al) und übertragen auf den Anmelder der vorliegenden Erfindung, zeigt ein Steuersystem für eine Kraftfahrzeug-Radaufhängung, in die ein Beschleunigungsmesser integriert ist, um eine Vertikalbeschleunigung der Fahrzeugkarosserie zu überwachen, um die überwachte vertikale Beschleunigung der Fahrzeugkarosserie als einen Steuerparameter zur Steuerung der Dämpfungscharakteristik des Fahrzeug-Aufhängungssystems zu verwenden. In der Anordnung, die in dem vorerwähnten US-Patent gezeigt ist, verwendet der Beschleunigungsmesser ein Trägheitsteil, das eine Verformung eines elastischen, deformierbaren Teiles veranlaßt, sowie einen Dehnmeßstreifen zur Erfassung der Größe der Verformung und deren Geschwindigkeit, um hierdurch die Vertikalbeschleunigung der schwingenden Fahrzeugkarosserie zu erfassen. Derartige Beschleunigungsmesser können durch einen piezoelektrischen Beschleunigungsmesser ersetzt werden, um den gleichen oder ähnlichen Beschleunigungsüberwachungsvorgang auszuführen.

Eine der typischen Konstruktionen von Beschleunigungsmessern des piezoelektrischen Typs, die ein piezoelektrisches Element als Sensorelement verwenden, ist in der japanischen Offenlegungsschrift 59-23 223 z. B. gezeigt. Ein derartiger, herkömmlicher piezoelektrischer Beschleunigungsmesser verwendet ein piezoelektrisches Sensorelement, das in einem Gehäuse auskragend gelagert ist. Bei diesem Aufbau kann das piezoelektrische Sensorelement um das eine gelagerte Ende schwingen, wenn eine Schwingungsenergie auftritt. Dies verursacht eine Konzentration von Verformungsspannungen rund um das abgestützte Ende und führt zu einer ungleichmäßigen Ausnutzung. Daher macht es solch eine Spannungskonzentration schwierig, stabil eine hinreichende Leistungsfähigkeit aufrechtzuerhalten und verkürzt die Lebensdauer des Beschleunigungsmessers.

Wenn die Lagerungsanordnung, durch die das piezoelektrische Sensorelement abgestützt wird, von asymmetrischem Aufbau ist, neigt außerdem die Empfindlichkeit des Sensorelementes dazu, in Abhängigkeit von der einwirkenden Richtung der Schwingungsenergie zu schwanken. Um dies zu vermeiden, ist es für die herkömmliche Lagerungsanordnung für das piezoelektrische Sensorelement, die eine einseitige Einspannung desselben bildet, erforderlich gewesen, in ihrem Aufbau exakt symmetrisch zu sein. Dies erfordert eine äußerst genaue Bearbeitung, insbesondere spanende Bearbeitung, wie z. B. durch eine Laserstrahl-Bearbeitungseinrichtung. Es ist ohne weiteres einsichtig, daß eine derart hochgenaue Bearbeitung wesentliche Kosten erfordert.

Eine Verbesserung ist daher in der US-Patentanmel-

dung 1 20 964, eingereicht 16. 11. 1987 (H. Kobayashi et al), vorgeschlagen worden. In der vorgeschlagenen Verbesserung verwendet der piezoelektrische Sensor zur Erfassung einer kinetischen Bewegungsgröße bzw. eines Impulses ein dünnes, schwingungsfähiges Membranteil, auf dem ein piezoelektrisches Sensorelement, das eine dünne Plattenform besitzt, befestigt ist. Die gesamte Umfangskante des oszillierbaren Membranteiles ist an einem Sensorgehäuse gelagert. Um so Schwankungen in der Empfindlichkeit in Abhängigkeit von der einwirkenden Richtung der kinetischen Energie zu vermeiden, sind das Membranteil und das piezoelektrische Sensorelement in einer koaxialen, dünnen, scheibenförmigen Anordnung bei dieser bevorzugten Konstruktion ausgebildet. Bei einer noch weiter bevorzugten Anordnung besteht das Sensorgehäuse aus zwei trennbaren, mit je einem Boden versehenen zylindrischen Elementen, von denen jedes einen zylindrischen Umfangswandabschnitt aufweist, deren freie Kanten passend miteinander in Eingriff bringbar bzw. aufeinander abgestimmt sind. Die Umfangskante des Membranteiles ist sandwichartig zwischen den übereinstimmenden bzw. passenden freien Kanten der zylindrischen Elemente aufgenommen, um innerhalb des Sensorgehäuses einen abgedichtet eingeschlossenen Innenraum zu bilden bzw. zu begrenzen.

In Fig. 5 der vorerwähnten US-Patentanmeldung wird die Verwendung eines Gewichtsmassenteiles vorgeschlagen, das dem piezoelektrischen Element zugeordnet ist, um die Resonanzfrequenz einzustellen und eine maximale Empfindlichkeit gegenüber kinetischer Energie herbeizuführen.

Bei dem zuletzt erwähnten piezoelektrischen kinetischen Impulssensor ist es erforderlich, das Gewicht des Gewichtsmassenteiles zu minimieren, um eine maximale Empfindlichkeit und Genauigkeit bei der Überwachung der kinetischen Energie zu erhalten.

Es ist daher ein Ziel der vorliegenden Erfindung, einen piezoelektrischen Sensor zur Erfassung einer kinetischen Bewegungsenergie bzw. eines kinetischen Impulses, der die vorerwähnten Nachteile nicht aufweist und zuverlässig eine exakte Erfassung einwirkender kinetischer Energie ermöglicht.

Um die vorerwähnten und weitere Ziele der vorliegenden Erfindung zu erreichen hat ein piezoelektrischer Sensor zur Überwachung der kinetischen Bewegungsgröße bzw. des kinetischen Impulses eines beweglichen Teiles nach der vorliegenden Erfindung erfindungsgemäß eine piezoelektrische Sensoranordnung, bestehend aus einem flexiblen Plattenteil, das zumindest eine plane Oberfläche besitzt, und einem piezoelektrischen Element, das auf die plane Oberfläche der flexiblen Platte aufgesetzt ist. Ein Gewichtsmassenteil, das starr an der piezoelektrischen Sensoranordnung zur gemeinsamen Bewegung mit dieser angebracht ist, ist so gestaltet oder angeordnet, daß es seine Schwingungsenergie im wesentlichen rund um die Mittelachse der piezoelektrischen Sensoranordnung ausübt. Die Ausübung bzw. Einwirkung der Schwingungs- oder Oszillationsenergie des Massengewichtsteiles im wesentlichen rund um die Mittelachse der Sensoranordnung kann eine größere Verformung in der Sensoranordnung für ein höheres Sensorausgangssignal veranlassen.

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung ist erfindungsgemäß ein piezoelektrischer Sensor zur Überwachung der kinetischen Bewegungsgröße bzw. des kinetischen Impulses eines beweglichen Teiles vorgesehen, mit:

einem Sensorgehäuse, das abgedichtet einen Innenraum innerhalb des Gehäuses bildet bzw. begrenzt, einer piezoelektrischen Sensoranordnung, bestehend aus einem flexiblen Plattenteil, das zumindest eine ebene bzw. plane Oberfläche besitzt, und einem piezoelektrischen Element, das auf die plane bzw. ebene Oberfläche der flexiblen Platte aufgesetzt ist, einem Gewichtsmassenteil, das starr mit der piezoelektrischen Sensoranordnung zur gemeinsamen Bewegung mit dieser verbunden ist, wobei das Gewichtsmassenteil so gestaltet und angeordnet ist, daß es seine Schwingungsenergie im wesentlichen rund um die Mittelachse der piezoelektrischen Sensoranordnung überträgt bzw. einwirken läßt, und einem Sensorlagerteil, das auf dem Innenumfang einer Umfangswandung des Sensorgehäuses befestigt ist und mit der gesamten Umfangskante der piezoelektrischen Sensoranordnung in Eingriff ist, um so schwingungsfähig diese innerhalb des umschlossenen Innenraumes des Sensorgehäuses zu lagern.

Das Massengewichtsteil kann an verschiedenen Stellen und einem axialen Endabschnitt unterschiedliche Querschnitte aufweisen, um auf der piezoelektrischen Sensoranordnung befestigt zu werden, wobei rund um die Mittelachse eine minimale Kontaktfläche gebildet wird. Das Gewichtsmassenteil kann eine erste Endfläche besitzen, die von der piezoelektrischen Sensoranordnung weggewandt ist, und eine zweite Endfläche besitzen, die starr auf der piezoelektrischen Sensoranordnung befestigt ist, wobei die zweite Endfläche eine kleinere Endfläche bildet als die erste Endfläche.

In einer weiteren, bevorzugten Ausführungsform der Erfindung besitzt das Gewichtsmassenteil einen ersten Abschnitt, der von der piezoelektrischen Sensoranordnung weggewandt ist und eine scheibenförmige Konfiguration besitzt, sowie einen zweiten Abschnitt, der in einer zylindrischen Konfiguration ausgebildet ist, wobei dieser mit einem Ende starr auf der piezoelektrischen Sensoranordnung befestigt ist und das Ende des zweiten Abschnittes einen Durchmesser besitzt, der kleiner ist als derjenige des ersten Abschnittes.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist erfindungsgemäß ein piezoelektrischer Sensor zur Überwachung der kinetischen Bewegungsenergie bzw. des kinetischen Impulses eines beweglichen Teiles vorgesehen, mit:

einem Sensorgehäuse, welches einen abgedichteten Innenraum begrenzt,

einer piezoelektrischen Sensoranordnung, bestehend aus einem flexiblen Plattenteil, das zumindest eine plane Oberfläche aufweist, und einem piezoelektrischen Element, das auf die plane Oberfläche der flexiblen Platte aufgesetzt ist,

einem Gewichtsmassenteil, das starr an der piezoelektrischen Sensoranordnung zur gemeinsamen Bewegung mit dieser angebracht ist, wobei das Gewichtsmassenteil einen ersten Abschnitt aufweist, der von der piezoelektrischen Sensoranordnung weggewandt ist und einen zweiten Abschnitt besitzt, der mit dem ersten Abschnitt verbunden ist bzw. in diesen übergeht, und der starr an der piezoelektrischen Sensoranordnung befestigt ist, wobei der zweite Abschnitt einen zweiten Oberflächenabschnitt auf einer Oberfläche besitzt, der mit der piezoelektrischen Sensoranordnung verbunden ist und kleiner ist als der Oberflächenbereich des ersten Abschnittes, und

einem Sensorlagerungsteil, befestigt auf dem Innenumfang einer Umfangswandung des Sensorgehäuses, das

im Eingriff ist mit der gesamten Umfangskante der piezoelektrischen Sensoranordnung, um diese schwingungsfähig bzw. schwingbar innerhalb des umschlossenen Innenraumes des Sensorgehäuses zu lagern.

Bevorzugte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes sind in den Unteransprüchen dargelegt.

Die vorliegende Erfindung wird noch deutlicher verständlich von der nachfolgenden detaillierten Beschreibung eines Ausführungsbeispiels der Erfindung und den Zeichnungen, die das bevorzugte Ausführungsbeispiel der Erfindung zeigen, welches jedoch die Erfindung nicht beschränkt, sondern lediglich zur Erläuterung und zum besseren Verständnis dient. In den Zeichnungen zeigt

Fig. 1 einen Querschnitt eines bevorzugten Ausführungsbeispiels einer piezoelektrischen Sensoranordnung zur Erfassung eines kinetischen Impulses bzw. von kinetischer Bewegungsenergie, nach der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 eine Draufsicht des piezoelektrischen Sensors, der in der piezoelektrischen Sensoranordnung zur Erfassung eines kinetischen Impulses bzw. kinetischer Bewegungsenergie nach Fig. 1 verwendet ist,

Fig. 3 eine Schnittdarstellung des piezoelektrischen Sensors entlang der Linie III-III nach Fig. 2,

Fig. 4 eine perspektivische Darstellung eines Gewichtsmassenteiles, das in dem bevorzugten Ausführungsbeispiel des piezoelektrischen Sensors zur Erfassung eines kinetischen Impulses bzw. kinetischer Bewegungsenergie nach der vorliegenden Erfindung verwendet wird,

Fig. 5 ein Diagramm, das die Veränderung der mechanischen Spannung in einem piezoelektrischen Element und die Verformungsgröße einer Sensoranordnung in Beziehung zu einem Oberflächenbereich des Gewichtsmassenteiles zeigt, vorgesehen zur Verbindung mit der Sensoranordnung, und

Fig. 6 ein Diagramm, das die Veränderung der maximalen mechanischen Spannung an einer Metallplatte in bezug auf den Oberflächenbereich des Gewichtsmassenteiles zeigt, der mit der Sensoranordnung verbunden ist.

Bezug nehmend auf die Zeichnungen, insbesondere auf die Fig. 1 bis 3, enthält ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer piezoelektrischen Sensoranordnung zur Erfassung einer kinetischen Bewegungsgröße einen schwingfähigen piezoelektrischen Sensor 1. Der Aufbau des piezoelektrischen Sensors 1 wird im einzelnen weiter unten erläutert.

Der piezoelektrische Sensor ist innerhalb eines Sensorgehäuses so angeordnet, daß er schwingen kann, wobei das Gehäuse aus einem unteren Gehäuseteil 2 und einem oberen Gehäuseteil 3 besteht. Sowohl das untere als auch das obere Gehäuseteil 2 und 3 bestehen aus einem nicht leitfähigen Kunstharz bzw. Kunststoff, wie z. B. Polyazetal od. dgl. Die Gehäuseteile, d. h. das untere Gehäuseteil 2 und das obere Gehäuseteil 3, besitzen jeweils zylindrische Umfangswandabschnitte 2a und 3, die an ihren freien Enden passend miteinander übereinstimmen bzw. ineinandergreifen. Ein im Querschnitt quadratischer Ringspalt ist zwischen den miteinander im Eingriff befindlichen Kanten des unteren und oberen Gehäuseteiles 2 und 3 gebildet, um in diesem ein ringförmiges Sensorlagerteil 4 aufzunehmen. Das Sensorlagerteil 4 besteht aus einem elastischen Material, z. B. Polyurethan-Kunststoff. Das Sensorlagerteil 4 ist im Eingriff mit der Umfangskante des schwingbaren piezoelektrischen Sensors 1, um diesen schwingungsfähig in-

nerhalb eines Innenraumes des Sensorgehäuses zu lagern.

Die Gehäuseteile, d. h. das untere und das obere Gehäuseteil 2 und 3, sind miteinander abgedichtet und starr verbunden bzw. verklebt oder miteinander verschweißt, z. B. durch Schwingungsschweißen, Ultraschallschweißen od. dgl. Hierdurch kann der eingeschlossene Innenraum des Sensorgehäuses vollständig abgedichtet werden.

Eine Leiterplatte 5, auf der verschiedene elektrische und/oder elektronische Schaltungselemente 6, wie z. B. Filter, Verstärker usw. vorgesehen sind, ist außerdem angeordnet. Die Leiterplatte 5 liegt im wesentlichen parallel zum Boden 2b des unteren Gehäuseteiles 2 und ist starr auf diesem durch Befestigungsschrauben 5a befestigt. Die Leiterplatte 5 und die Schaltungselemente 6 sind in eine Kunststoff-Vergußmasse bzw. Kunststoffschicht 7 eingebettet, die eingefüllt wird, nachdem die Leiterplatte 5 starr auf dem Boden 2b des unteren Gehäuseteiles 2 befestigt ist.

Die Leiterplatte 5 ist mit einer äußeren Schaltung über einen Leitungsdraht 8 verbunden, der sich durch eine Gummihülse bzw. isolierende Durchführungshülse 8a erstreckt, die abdichtend in den Außenumfang des Umfangswandabschnittes 2a des unteren Gehäuseteiles 2 eingesetzt ist.

Der piezoelektrische Sensor 1 weist eine dünne scheibenförmige Metallplatte 10 auf, die einen Umfangsrandabschnitt besitzt, der starr mit dem Sensorlagerteil 4 in Eingriff ist. Ein Paar piezoelektrischer Elemente 11 und 12 sind in dünner scheibenförmiger Gestalt ausgebildet und haben einen Durchmesser, der kleiner ist als der Durchmesser der Metallplatte 10. Die piezoelektrischen Elemente 11 und 12 sind konzentrisch mit der Metallplatte 10 und durch einen Klebstoff aus Epoxidharz od. dgl. anhaftend an beiden Seiten der Metallplatte 10 fest mit dieser verbunden.

Da die piezoelektrischen Elemente 11 und 12 im Durchmesser kleiner ausgeführt sind als die Metallplatte 10, sind die Umfangskanten der piezoelektrischen Elemente 11 und 12 von der Innenumfangskante des Sensorlagerteiles 4 beabstandet, wie besonders deutlich aus den Fig. 2 und 3 ersichtlich ist. Infolgedessen liegt ein ringförmiger Abschnitt der Metallplatte 10 entlang der Umfangskante frei.

Die piezoelektrischen Elemente 11 und 12 sind mit der Leiterplatte 5 über Leitungsdrähte 13 und 14 jeweils verbunden. Da, wie bekannt ist, die piezoelektrischen Elemente 11 und 12 mit hoher Impedanz behaftet sind, beeinflußt die Länge der Leitungsdrähte 13 und 14 das Erfassungsvermögen in bezug auf einen kinetischen Impuls durch Bildung von statischen elektrischen Kapazitäten. Diese Wirkung der statischen elektrischen Kapazitäten kann durch Verkürzung der Länge der Leitungsdrähte 13 und 14 minimiert werden. Da in dem gezeigten Ausführungsbeispiel der piezoelektrische Sensor 1 und die Leiterplatte 5 in dem einzigen, gemeinsamen Sensorgehäuse mit einem sehr kurzen Abstand zwischen diesen Teilen aufgenommen sind, wird eine Verkürzung der Leitungsdrähte 13 und 14 möglich.

In dem bevorzugten Aufbau hat das Paar piezoelektrischer Elemente 11 und 12 gegenseitig entgegengesetzte Ausgangssignalcharakteristiken in bezug auf Temperaturänderungen bzw. -schwankungen. Da die piezoelektrischen Elemente 11 und 12 temperaturabhängig veränderliche Ausgangssignalkennlinien besitzen, kann der Einfluß von Temperaturschwankungen oder Temperaturänderungen auf die Ausgangssignal-

kennlinien der piezoelektrischen Elemente dadurch kompensiert werden, daß die entgegengesetzten temperaturabhängigen Veränderungskennlinien vorgesehen werden.

Um andererseits den Einfluß einer thermischen Ausdehnung der Metallplatte 10 und der piezoelektrischen Elemente 11 und 12 zu vermeiden, wird das Material der jeweiligen Metallplatte und der piezoelektrischen Elemente so ausgewählt, daß der thermische Ausdehnungskoeffizient der Teile so eng wie möglich benachbart ist und sich sehr nahekommmt. In der Praxis, wenn P.Z.T. als Material für die piezoelektrischen Elemente 11 und 12 ausgewählt wird, kann das Material für die Metallplatte 10 unter Ni-Fe-Legierungen ausgewählt werden, welche einen thermischen Ausdehnungskoeffizienten besitzen nahe demjenigen der piezoelektrischen Elemente 11 und 12. Durch diesen Aufbau kann der Einfluß der Differenz der Größe der thermischen Ausdehnung der Metallplatte 10 und der piezoelektrischen Elemente 11 und 12 minimiert werden.

Andererseits bestehen die Leitungsdrähte 13 und 14 aus verzinntem Weichkupfer und sind durch Zusammenfassung einer Mehrzahl von dünnen Kupferdrähten (Litze) zu einem Draht gebildet. Die Leitungsdrähte 13 und 14 sind durch eine Polyurethan-Schutzschicht eingehüllt. Die Leitungsdrähte 13 und 14 sind am jeweils zugehörigen piezoelektrischen Element 11 und 12 durch Lötten befestigt. Die Verbindungsabschnitte zwischen den Leitungsdrähten 13 und 14 und den piezoelektrischen Elementen 11 und 12 sind durch ein elastisches stoßabsorbierendes Material 15 und 17, wie z. B. Polyurethan, beschichtet.

Außerdem sind die Leitungsdrähte 13 und 14 weiterhin durch ein elastisches, stoßabsorbierendes Material 16 und 18 an dem freiliegenden Ringabschnitt der Metallplatte 10 befestigt. In vergleichbarer Weise wie die stoßabsorbierenden Materialien 15 und 17 bestehen die elastischen stoßdämpfenden Materialien 16 und 18 z. B. aus Polyurethan. Zwischen den gegenseitig zugehörigen elastischen stoßabsorbierenden Materialien 15, 16 bzw. 17, 18 ist eine Extralänge der Leitungsdrähte 13 und 14 vorgesehen, um einen gewissen Durchhang vorzusehen.

Das Sensorlagerteil 4 besteht aus einem elastischen Kunstharz bzw. Kunststoff, wie z. B. aus Polyurethan-Kunststoff. Das Sensorlagerteil 4 wird als vormontierte Einheit mit dem piezoelektrischen Sensor 1 ausgebildet. Dies erfolgt, indem der piezoelektrische Sensor 1 in einen Formprozeß zur Ausbildung des Sensorlagerteiles 4 eingesetzt wird. Nach dem Einsetzen des piezoelektrischen Sensors 1 in die Form wird das geschmolzene Material für das Sensorlagerteil in die Form eingefüllt. Die vormontierte Einheit, bestehend aus dem Sensorlagerteil 4 und dem piezoelektrischen Sensor 1, wird aus dem Formprozeß nach dem Erstarren des Kunstharzes des Sensorlagermaterials entnommen.

Die vormontierte Einheit aus Sensorlagerteil 4 und piezoelektrischem Sensor 1 wird mit dem unteren und äußeren Gehäuseteil 2 und 3 des Sensorgehäuses montiert bzw. zusammengefügt, indem das Sensorlagerteil 4 in den Ringraum eingesetzt wird, der zwischen dem unteren und oberen Gehäuseteil gebildet ist. Nach der Montage kann das Sensorlagerteil 4 den piezoelektrischen Sensor 1 elastisch relativ zu dem Sensorgehäuse lagern. Das Sensorlagerteil 4 dient auch als Abdichtungseinrichtung, um eine luft- und/oder flüssigkeitsdichte Dichtung zu bilden. Daher tritt Dampf aus der atmosphärischen Luft u. dgl. gasförmige Stoffe niemals in den Innenraum des Sensorgehäuses ein, wobei sol-



cher Dampf oder Feuchtigkeit sonst zu einer Leckage der Sensorspannung führen könnten.

Daher ist bei dem gezeigten Aufbau die gesamte Umfangskante des im wesentlichen scheibenförmigen piezoelektrischen Sensors 1 an dem Innenumfang des Sensorgehäuses gelagert. Dieser Aufbau erlaubt es, den piezoelektrischen Sensor 1 in Abhängigkeit von der parallel zur Achse des Sensorgehäuses einwirkenden kinetischen Energie zu schwingen. Insbesondere erfaßt der piezoelektrische Sensor 1 keine kinetische Energie, die seitlich in einer Richtung im wesentlichen rechtwinklig zur Achse des Sensorgehäuses einwirkt. Andererseits erfaßt der piezoelektrische Sensor 1 nur die axiale Komponente der kinetischen Energie bei einer Einwirkung von kinetischer Energie schräg zur Achse des Sensorgehäuses.

Wenn die axiale kinetische Energie auf den piezoelektrischen Sensor 1 einwirkt, wird der Sensor einer Verformung unterworfen, um Ausgangsspannungen der piezoelektrischen Elemente 11 und 12 zu erzeugen, wobei diese Ausgangsspannungen der piezoelektrischen Elemente 11 und 12 in Abhängigkeit von der Größe der einwirkenden kinetischen Energie veränderlich sind. Die Ausgangsspannungen der piezoelektrischen Elemente 11 und 12 werden durch die Schaltung auf der Leiterplatte 5 verstärkt und gefiltert und anschließend als Ausgangssignal durch den Leitungsdraht 8 als das kinetischen Impuls repräsentierende Sensorsignal nach außen abgegeben.

Da die gesamte Umfangskante der vormontierten Einheit, bestehend aus dem piezoelektrischen Sensor 1 und dem Sensorlagerteil 4, abdichtend auf dem Innenumfang der Umfangswandung des Sensorgehäuses befestigt ist, ist dabei der umschlossene Innenraum des Sensorgehäuses in zwei getrennte Kammern unterteilt. Wenn beide Kammern nicht miteinander verbunden sind, kann durch eine Verformung des piezoelektrischen Sensors 1 eine Druckdifferenz erzeugt werden. Diese Druckdifferenz dient als Widerstand gegen die Verformung des piezoelektrischen Sensors 1, um die Spannung, die erzeugt werden soll, zu vermindern. Dies beeinträchtigt deutlich die Genauigkeit der Messung des kinetischen Impulses bzw. der kinetischen Bewegungsgröße. Außerdem neigen solche getrennten Kammern dazu, eine Verformung des piezoelektrischen Sensors 1 zu veranlassen, wenn eine Temperaturdifferenz zwischen den beiden Kammern auftritt. Wenn eine Temperaturdifferenz auftritt, wird nämlich der Druck in den Kammern unterschiedlich und verursacht eine Verformung des piezoelektrischen Sensors in die Kammer, deren Druck niedriger ist als der Druck in der anderen Kammer. Um dieses Problem zu vermeiden, sind eine oder mehrere kleine Öffnungen 19 als Durchgangsöffnungen durch den ringförmigen, freiliegenden Abschnitt der Metallplatte 10 ausgebildet. Diese Durchgangsöffnungen 19 stellen eine Verbindung beider Kammern her und dienen so zum Druckausgleich zwischen den Kammern.

Da das Sensorgehäuse, wie dargelegt, abdichtend in flüssigkeitsdichter und luftdichter Weise gekapselt ist, ist ein Eintritt von Staub, Feuchtigkeit, korrosivem Gas oder ähnlichem vollständig vermieden. Daher kann, wie bereits erwähnt wurde, eine Leckage an Ausgangsspannung infolge der Anwesenheit von Feuchtigkeit ebenfalls vollständig vermieden werden. Da andererseits der piezoelektrische Sensor 1 des gezeigten Ausführungsbeispiels des kinetischen Impulssensors mit einer exakten Richtungsabhängigkeit in der Empfindlichkeit bzw.

Aufnahmefähigkeit für die kinetische Energie oder den kinetischen Impuls ausgebildet ist, bildet diejenige kinetische Energie bzw. diejenige kinetische Bewegungsgröße in einer Richtung unterschiedlich von der Axialrichtung keine Störgröße bzw. keinen rauschbildenden Faktor. Dies sichert eine hohe Meßgenauigkeit der kinetischen Energie in der vorgegebenen Richtung.

Da außerdem kein korrosives Gas in den Innenraum des Sensorgehäuses gelangen kann, kann eine Korrosion der piezoelektrischen Elemente und/oder der Metallplatte erfolgreich vermieden werden. Da auch die Biegespannungen, die auf die Metallplatte einwirken, während der piezoelektrische Sensor 1 belastet ist, über die gesamte Umfangskante mit im wesentlichen gleichmäßiger Größe verteilt werden können, wird eine Spannungskonzentration vermieden. Daher kann die Lebensdauer des piezoelektrischen Sensors merklich verlängert werden und somit kann die Lebensdauer des kinetischen Impulssensors verlängert werden, um lang genug zu sein, um beispielsweise im Aufhängungs-Steuerungssystem eines Kraftfahrzeuges verwendet zu werden.

Zusätzlich zu dem Aufbau, der gerade erläutert wurde, hat das bevorzugte Ausführungsbeispiel des piezoelektrischen Sensors 1 ein Paar Gewichtsmassenteile 21 und 22, die an beiden Seiten angebracht sind. Wie gezeigt ist, sind die Gewichtsmassenteile 21 und 22 im wesentlichen in der Mittelachse des piezoelektrischen Sensors 1 ausgerichtet angeordnet. Jedes der Massengewichtsteile 21 und 22 besteht aus einer Ni-Fe-Legierung. Wie deutlich aus Fig. 4 ersichtlich ist, hat das Gewichtsmassenteil 21 einen Kopfabschnitt 21b von im wesentlichen scheibenförmiger Konfiguration und einen Stababschnitt 21a, der einen Durchmesser A aufweist, der kleiner ist als der Durchmesser B des Kopfabschnittes 21b. Das Gewichtsmassenteil 21 ist an dem piezoelektrischen Element 11 durch Verkleben oder in anderer Weise anhaftend verbunden. Das Gewichtsmassenteil 22 besitzt denselben Aufbau wie das Massengewichtsteil 21 und ist auf das piezoelektrische Teil 12 aufgeklebt bzw. mit diesem verbunden. Solch ein Aufbau der Gewichtsmassenteile 21 und 22 ist wirksam, um ein Sensorausgangssignal von hohem Signalwert zu erreichen, ohne wesentlich die Masse bzw. das Gewicht des Gesamtkörpers des Sensors zu erhöhen.

Die Fig. 5 und 6 zeigen Ergebnisse von Versuchen, die ausgeführt worden sind, um die Vorteile des gezeigten Ausführungsbeispiels des piezoelektrischen Sensors zu demonstrieren. Fig. 5 zeigt Ergebnisse von Versuchen, in denen die Durchmesser der Metallplatte 10 und der piezoelektrischen Elemente 11 und 12 jeweils konstant festgelegt wurden. Für diese Anordnung des piezoelektrischen Sensors 1 werden die Gewichtsmassenteile 21 und 22, deren Gesamtgewicht 6 g betrug und die einen Durchmesser B von 14 mm der Kopfabschnitte 21a und 22a aufwiesen, durch eine Haftverbindung bzw. Verkleben befestigt. Anschließend wurde die Dicke D des Kopfabschnittes und der Durchmesser A des Schaftabschnittes variiert, wie nachfolgend aufgelistet:

A: a = 6 mm Durchmesser, d = 4,6 mm

B: a = 8 mm Durchmesser, d = 4,4 mm

C: a = 10 mm Durchmesser, d = 4,2 mm.

Für diese drei Beispiele wurden die Größe der Verformung des piezoelektrischen Sensors 1 sowie die mechanischen Spannungen auf den piezoelektrischen Elementen 11 und 12 gemessen. Aus dem Ergebnis dieser Messungen kann klar entnommen werden, daß ein kleinerer Durchmesser A des Schaftabschnittes eine größere Spannungsbelastung erzeugt und somit zu einer grö-

Beren Verformung führt. Daher wird es bevorzugt, daß durch Ausbilden eines kleineren Durchmessers am Schaltabschnitt eine höhere Empfindlichkeit des Sensors erreicht werden kann.

Andererseits zeigt Fig. 6 Ergebnisse der Versuche, die mit den Proben A, B, C ausgeführt wurden. Auf die piezoelektrischen Sensoren wurde eine Beschleunigung von +3 G ausgeübt. Anschließend wurde die maximale mechanische Spannung, die auf das piezoelektrische Element wirkte, gemessen. Wie aus Fig. 6 ersichtlich ist, wurde gefunden, daß die maximale Spannung, die auf das piezoelektrische Element ausgeübt wird, im wesentlichen unverändert bleibt, unabhängig vom Durchmesser A des Schaftabschnittes. Hieraus wurde bestätigt, daß eine Veränderung des Stufenabschnittes des Gewichtsmassenteiles das Sensorsignal und die Lebensdauer nicht beeinflußt. Unter Berücksichtigung der vorerwähnten Versuchsergebnisse kann daher ein geringeres Gewicht der Gewichtsmasse bei der Messung der Beschleunigungsenergie durch Vermindern des Durchmessers des Schaftabschnittes verwendet werden. Ein geringeres Gewicht des Gewichtsmassenteiles kann eine erhöhte Lebensdauer und höhere mechanische Festigkeit bewirken. Zum Beispiel wird im Falle, daß der Durchmesser des Kopfabschnittes 14 mm beträgt, ein Schaftabschnitt mit einem Durchmesser von 6 mm bevorzugt.

Wie dargelegt, erreicht die oben erläuterte Erfindung eine hohe Empfindlichkeit und eine hohe Genauigkeit der Erfassung bei einer minimalen Zunahme der Gewichtsmasse.

Obwohl die vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel zum besseren Verständnis der Erfindung erläutert und dargestellt wurde, ist die Erfindung hierauf nicht beschränkt, sondern kann auf verschiedene Weise realisiert werden, ohne daß das Prinzip der Erfindung verlassen wird. Dieses ist insbesondere in den Ansprüchen umrissen.

Die Erfindung betrifft einen piezoelektrischen Sensor zur Überwachung des kinetischen Impulses bzw. einer kinetischen Bewegungsgröße eines beweglichen Teiles, der eine piezoelektrische Sensoranordnung enthält, bestehend aus einem flexiblen Plattenteil, das zumindest eine ebene Oberfläche besitzt und einem piezoelektrischen Element, das auf die ebene Oberfläche der flexiblen Platte aufgesetzt ist. Ein Gewichtsmassenteil ist starr mit der piezoelektrischen Sensoranordnung zur Bewegung mit dieser verbunden. Das Gewichtsmassenteil ist so gestaltet und angeordnet, daß es seine Schwingungsenergie im wesentlichen rund um die Mittelachse der piezoelektrischen Sensoranordnung überträgt. Die Einwirkung der Schwingungs- oder Oszillationsenergie des Gewichtsmassenteiles im wesentlichen rund um die Mittelachse der Sensoranordnung kann zu einer größeren Verformung der Sensoranordnung zur Erzielung eines höheren Sensorausgangssignales führen.

#### Patentansprüche

1. Piezoelektrischer Sensor zur Überwachung einer kinetischen Bewegungsgröße eines beweglichen Teiles, gekennzeichnet durch ein Sensorgehäuse, das einen abgedichteten Innenraum innerhalb des Sensorgehäuses bildet, eine piezoelektrische Sensoranordnung (1), bestehend aus einem flexiblen Plattenteil (10), der zumindest eine ebene Oberfläche aufweist, und einem pie-

zoelektrischen Element (11, 12) das auf die ebene Oberfläche der flexiblen Platte (10) aufgesetzt ist, ein Gewichtsmassenteil (21, 22), das starr mit der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) zur gemeinsamen Bewegung mit dieser verbunden ist, wobei das Gewichtsmassenteil (21, 22) so gestaltet und angeordnet ist, daß es seine Schwingungsenergie im wesentlichen rund um die Mittelachse der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) überträgt, und

ein Sensorlagerteil (4), das auf dem Innenumfang einer Umfangswandung des Sensorgehäuses befestigt ist und mit der gesamten Umfangskante der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) im Eingriff ist, um so die Sensoranordnung (1) zu lagern, daß sie innerhalb des umschlossenen Innenraumes des Sensorgehäuses schwingen kann.

2. Piezoelektrischer Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewichtsmassenteil (21, 22) einen unterschiedlichen Querschnitt an unterschiedlichen Stellen besitzt und ein axialer Endabschnitt desselben, der auf der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) befestigt wird, eine minimale Kontaktfläche rund um die Mittelachse bildet.

3. Piezoelektrischer Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewichtsmassenteil (21, 22) eine erste Endfläche aufweist, die von der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) wegge wandt ist, und eine zweite Endfläche besitzt, die starr auf der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) befestigt ist, wobei die zweite Endfläche eine kleinere Fläche ist als die erste Endfläche.

4. Piezoelektrischer Sensor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewichtsmassenteil (21, 22) einen ersten Abschnitt aufweist, der von der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) wegge wandt ist und eine scheibenförmige Gestalt besitzt, und einen zweiten Abschnitt aufweist, der eine zylindrische Konfiguration aufweist und mit einem Ende starr auf der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) befestigt ist, wobei das Ende des zweiten Abschnittes einen Durchmesser besitzt, der kleiner ist als der Durchmesser des ersten Abschnittes.

5. Piezoelektrischer Sensor zur Überwachung einer kinetischen Bewegungsgröße eines beweglichen Teiles, gekennzeichnet durch

ein Sensorgehäuse, in dem ein abgedichteter Innenraum gebildet ist, eine piezoelektrische Sensoranordnung (1), bestehend aus einem flexiblen Plattenteil (10), das zumindest eine ebene Oberfläche besitzt, und einem piezoelektrischen Element (11, 12), das auf die ebene Oberfläche der flexiblen Platte (10) aufgesetzt ist, ein Gewichtsmassenteil (21, 22), das starr mit der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) zur gemeinsamen Bewegung mit dieser verbunden ist, wobei das Gewichtsmassenteil (21, 22) einen ersten Abschnitt aufweist, der von der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) wegge wandt ist, und einen zweiten Abschnitt besitzt, der mit dem ersten Abschnitt verbunden ist und der starr mit der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) verbunden ist, wobei der zweite Abschnitt über einen zweiten Oberflächenabschnitt mit der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) verbunden ist, der kleiner ist als der Oberflächenendabschnitt des ersten Abschnittes, und ein Sensorlagerteil (4), das auf dem Innenumfang

einer Umfangswandung des Sensorgehäuses befestigt und mit der gesamten Umfangskante der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) in Eingriff ist, um so diese schwingungsfähig innerhalb des umschlossenen Innenraumes des Sensorgehäuses zu lagern. 5

6. Piezoelektrischer Sensor nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Gewichtsmassenteil (21, 22) im wesentlichen auf die Mitte der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) orientiert ist. 10

7. Piezoelektrischer Sensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der erste Abschnitt des Gewichtsmassenteils (21, 22) eine scheibenförmige Gestalt besitzt und der zweite Abschnitt eine zylindrische Gestalt besitzt, mit einem Durchmesser, der kleiner ist als der Durchmesser des ersten Abschnittes. 15

8. Piezoelektrischer Sensor nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Sensorlagerteil (4) aus einem elastischen Material besteht, um die wirksame Fläche der piezoelektrischen Sensoranordnung (1) zu vergrößern, um hierdurch die Empfindlichkeit und Nachgiebigkeit bzw. Auslenkung der Sensoranordnung (1) zu erhöhen. 20

---

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

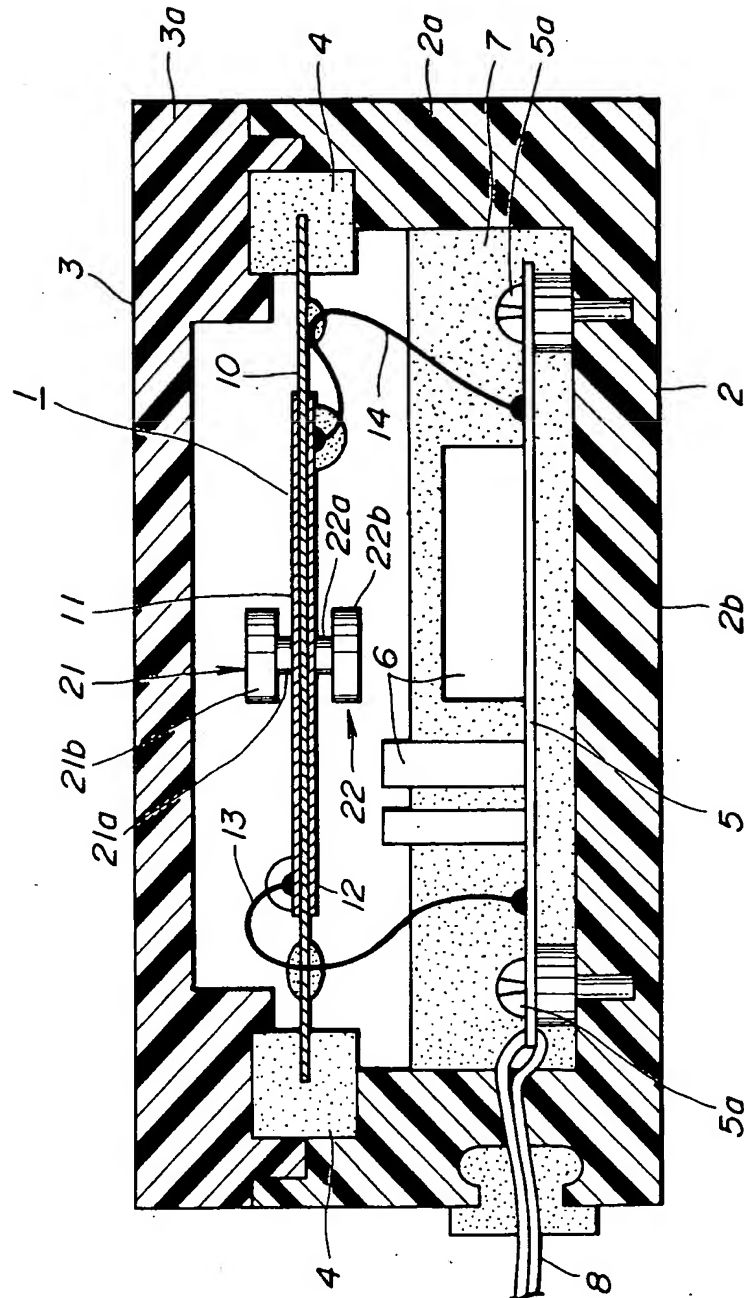
55

60

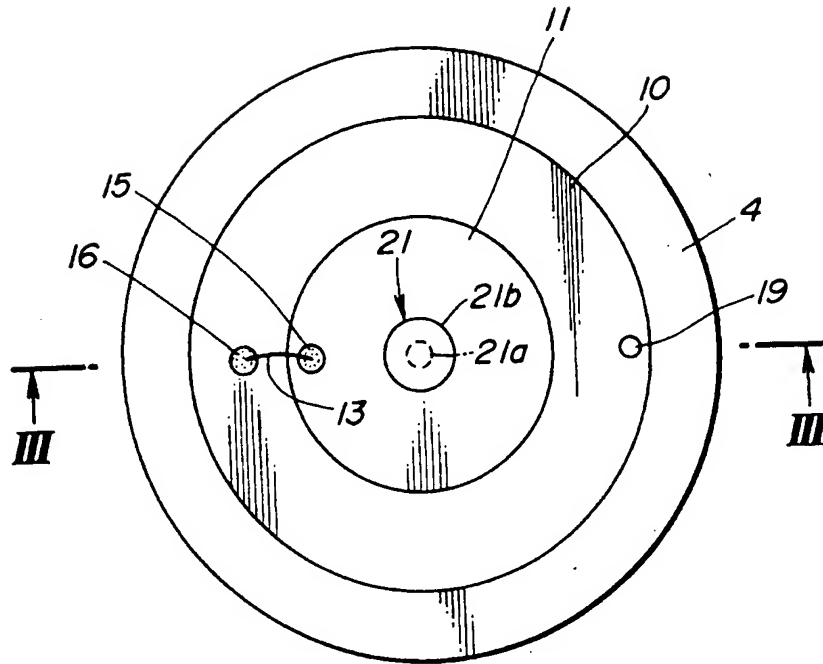
65

— Leerseite —

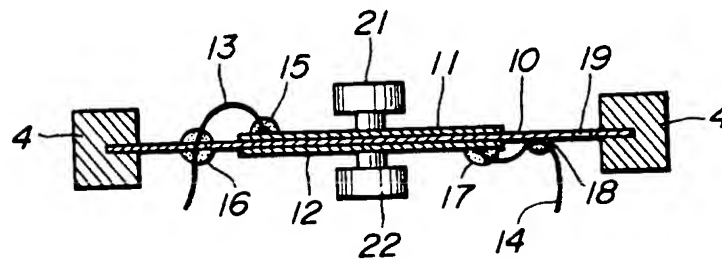
**FIG.1**



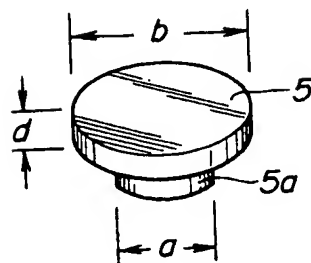
**FIG. 2**



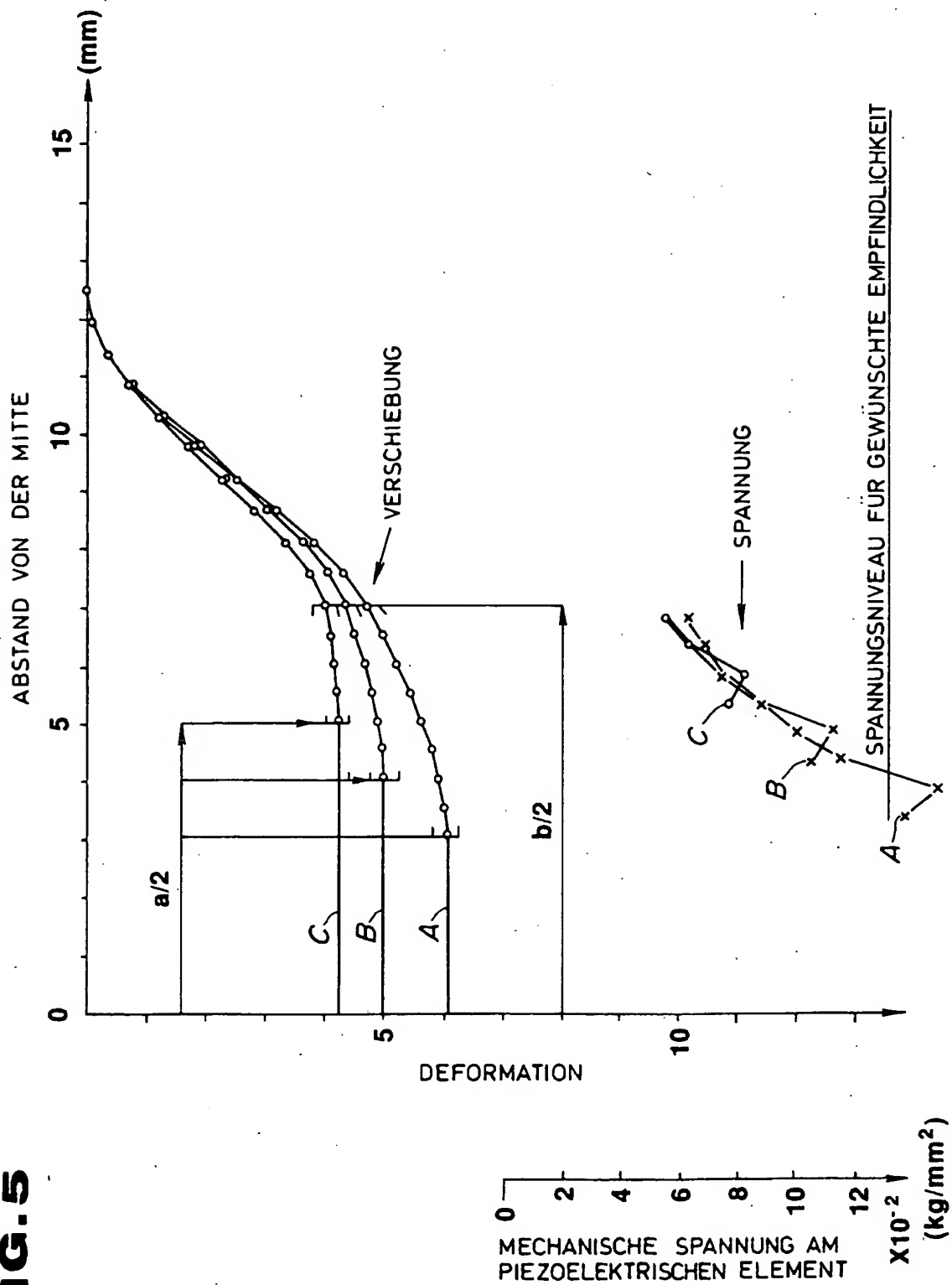
**FIG. 3**



**FIG. 4**



**FIG. 5**



**FIG. 6**

